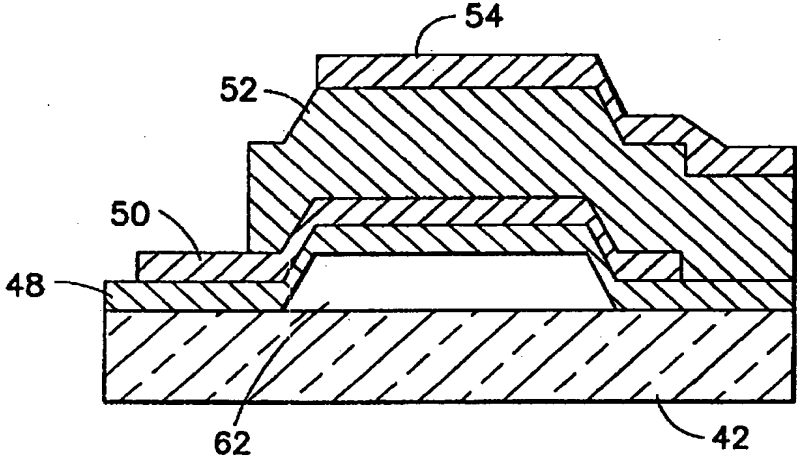


PCTWORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION
International Bureau

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification ⁶ : H01L 41/08	A1	(11) International Publication Number: WO 98/16956 (43) International Publication Date: 23 April 1998 (23.04.98)
(21) International Application Number: PCT/US97/16231 (22) International Filing Date: 12 September 1997 (12.09.97) (30) Priority Data: 08/734,467 17 October 1996 (17.10.96) US (71) Applicants: NOKIA MOBILE PHONES LIMITED [FI/FI]; Keilalahdentie 4, FIN-02150 Espoo (FI). NOKIA MOBILE PHONES INC. [US/US]; Suite 900, 6200 Courtney Camp- bell Causeway, Tampa, FL 33607 (US). (72) Inventors: YLILAMMI, Markku; Perasin 2A, FIN-02320 Espoo (FI). PARTANEN, Meeri; Kirstinmaki 15 D 83, FIN-02760 Espoo (FI). (74) Agent: GREEN, Clarence, A.; Perman & Green, LLP, 425 Post Road, Fairfield, CT 06430 (US).		(81) Designated States: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Published <i>With international search report.</i>
(54) Title: METHOD FOR FABRICATING FBARS ON GLASS SUBSTRATES (57) Abstract <p>A method for fabricating a Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator (FBAR). The method comprises the steps of: (A) forming a sacrificial layer (62) comprising one of a metal and a polymer over a selected portion of a substrate (42); (B) forming a protective layer (48) on the sacrificial layer and on selected portions of the substrate; (C) forming a bottom electrode layer (50) on a selected portion of the protective layer; (D) forming a piezoelectric layer (52) on a selected portion of the protective layer; (E) forming a top electrode (54) on a selected portion of the piezoelectric layer; and (F) removing the sacrificial layer (62) to form an air gap. The use of a metal or a polymer material to form sacrificial layers has several advantages over the use of zinc-oxide (ZnO) to form such layers. In accordance with a further aspect of the invention, an FBAR is provided which includes a glass substrate. The use of glass to form substrates offers several advantages over the use of other materials to form substrates. For example, most types of glass are less expensive than semiconductor materials, and exhibit low permittivity characteristics, and low parasitic capacitances. In addition, most glass materials are substantially loss free when being used in microwave frequency applications.</p> 		

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号
特表2002-509644
(P2002-509644A)

(43) 公表日 平成14年3月26日 (2002. 3. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 41/09		H 0 3 H 3/02	B
41/22		9/17	F
H 0 3 H 3/02		H 0 1 L 41/08	U
9/17		41/22	Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平10-518344
(86) (22) 出願日 平成9年9月12日 (1997. 9. 12)
(85) 翻訳文提出日 平成11年4月16日 (1999. 4. 16)
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 7 / 1 6 2 3 1
(87) 国際公開番号 ~~W O 9 8 / 1 6 9 5 6~~
(87) 国際公開日 平成10年4月23日 (1998. 4. 23)
(31) 優先権主張番号 0 8 / 7 3 4 , 4 6 7
(32) 優先日 平成8年10月17日 (1996. 10. 17)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 ノキア モービル フォーンズ リミティ
ド
フィンランド国, エフアイエヌ-02150
エスボー, ケイララーデンティエ 4
(72) 発明者 イリラーミ, マルク
フィンランド国, エフイーエン-02320
エスボー, ペラシン 2アー
(72) 発明者 パルタネン, メーリ
フィンランド国, エフイーエン-02760
エスボー, キルスティンマキ 15 デー
83
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラス基板上に薄膜バルク音波共振器 (F B A R) を作る方法

(57) 【要約】

薄膜バルク音波共振器 (F B A R) を製造する方法。この方法は: (A) 基板の選択された部分上に金属及びポリマーのうち的一方を含む犠牲層を形成し; (B) 前記犠牲層と前記基板の選択された部分との上に保護層を形成し; (C) 前記保護層の選択された部分上に底部電極層を形成し; (D) 前記底部電極層の選択された部分と前記保護層の選択された部分との上に圧電層を形成し;

(E) 前記圧電層の選択された部分上に頂部電極を形成し; (F) 前記犠牲層を除去してエアギャップを形成する、各ステップを有する。犠牲層を形成するために金属材料又はポリマー材料を使うことは、その層を形成するために酸化亜鉛 (ZnO) を使うことに比べて幾つかの利点がある。本発明の別の観点に従って、ガラス基板を包含するF B A Rが与えられる。基板を形成するためにガラスを使うことは、他の材料を使って基板を形成することに比べて幾つかの利点がある。例えば、殆どの種類のガラスが半導体材料より安価であり、また低誘電率特性、及び低寄生容量を示す。更に、殆どのガラス材料はマイクロ波周波数アプリケーションに用いられたときに

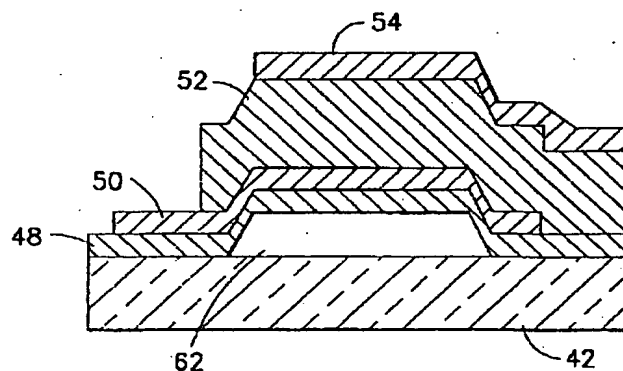


FIG. 1a

【特許請求の範囲】

1. 薄膜バルク音波共振器（FBAR）を製造するための方法であって、

ステップA：基板の選択された部分上に、金属又はポリマーの一方を含む犠牲層を形成し；

ステップB：前記犠牲層と、前記基板の選択された部分との上に底部電極層を形成し；

ステップC：前記底部電極層の選択された部分と前記基板の選択された部分との上に圧電層を形成し；

ステップD：前記圧電層の選択された部分上に頂部電極層を形成し；

ステップE：前記底部電極層の少なくとも一部分の下にエアギャップを形成するために前記犠牲層を除去する、
各ステップを有する方法。

2. 前記ステップAは：

ステップ1：前記金属及び前記ポリマーの一方を前記基板の上に被着し；さらに

ステップ2：前記金属及び前記ポリマーのうちの被着された方をパターン化して前記犠牲層を形成する、

各ステップによって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

3. 前記ステップEは、前記圧電層に対して有害でない化学物質を使って前記犠牲層をエッチングすることによって実行されることを特徴とする、項2に記載の方法。

4. 前記ステップAは：

ステップ1：前記金属を前記基板上に被着し；

ステップ2：前記被着された金属をパターン化して前記犠牲層を形成する、
各ステップによって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

5. 前記犠牲層は約2000nmの厚みを有することを特徴とする、項4に記載の方法。

6. 前記金属は銅（Cu）であることを特徴とする、項4に記載の方法。

7. 前記ステップAは：

ステップ1：前記ポリマーを前記基板上にスピニングし；さらに

ステップ2：前記ポリマーをパターン化して前記犠牲層を形成する、
各ステップによって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

8. 前記犠牲層は約1000nmの厚みを有することを特徴とする、項7に記載の方法。

9. 前記ステップDの実行とステップEの実行との間で：

前記ステップB-Dにおいて形成された層のうちの少なくとも1個を貫通する
少なくとも1個のビアホールを形成することにより、この少なくとも1個のビア
ホールを通して前記犠牲層を除去できるようにするステップが実行されることを
特徴とする、項1に記載の方法。

10. 前記保護層は、約300nmの厚みを有するSiO₂から成ることを特徴
とする、項1に記載の方法。

11. 前記底部電極層は、約300nmの厚みを有する電気伝導性の金属を含
むことを特徴とする、項1に記載の方法。

12. 前記圧電層は、約2000nmの厚みを有する酸化亜鉛（ZnO）を含む
ことを特徴とする、項1に記載の方法。

13. 前記頂部電極層は約300nmの厚みを有する電気伝導性の金属を含む
ことを特徴とする、項1に記載の方法。

14. 前記犠牲層は前記金属で形成され、前記ステップEは前記犠牲層をウェ
ットエッチングすることにより実行されることを特徴とする、項1に記載の方法
。

15. 前記犠牲層は前記ポリマーで形成され、前記ステップEは、前記犠牲層
をエッチングするステップ及び前記犠牲層をプラズマ・アッシングするステップ
のいずれか一方によって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

16. 前記ポリマー材料は、高温で前記ステップCが実行されても残存できる
ことを特徴とする、項1に記載の方法。

17. 前記基板は固体材料を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

18. 前記ステップEは、前記ステップBの実行とステップCの実行との間に実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

19. 前記圧電層は、前記FBARの所望の共振周波数の関数である厚みを有する酸化亜鉛(ZnO)を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

20. 前記基板はガラスを含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

21. 薄膜バルク音波共振器(FBAR)を製造する方法であって：

ステップA：基板の選択された部分上に、金属又はポリマーの一方を含む犠牲層を形成し；

ステップB：前記犠牲層と、前記基板の選択された部分との上に

第1保護層を形成し；

ステップC：前記第1保護層の選択された部分上に底部電極層を形成し；

ステップD：前記底部電極層の選択された部分と、前記第1保護層の選択された部分との上に圧電層を形成し；

ステップE：前記圧電層の選択された部分上に頂部電極層を形成し；

ステップF：前記底部電極層の少なくとも一部分の下にエアギャップを形成するために前記犠牲層を除去する、

各ステップを有することを特徴とする方法。

22. 前記ステップDの実行とステップEの実行との間に、前記圧電層の選択された部分の上に第2保護層を形成することにより前記第2保護層の一部分と前記圧電層の上部とでコンタクト領域を形成させる別のステップが実行され、前記ステップEは、前記コンタクト領域中に前記頂部電極層を形成することによって実行されることを特徴とする、項21に記載の方法。

23. 前記ステップEの実行とステップFの実行との間に、前記圧電層の選択された部分上に第2保護層を形成する別のステップが実行されることを特徴とする、項21に記載の方法。

24. ガラスを含む基板と；

圧電層と；

少なくともその一部分が前記基板の選択された部分と前記圧電層の選択された

部分との間に位置する底部電極層と；

前記圧電層の上部に形成された頂部電極層、
を備えることを特徴とする、薄膜バルク音波共振器（FBAR）。

25. 前記基板の部分上に形成された保護層を更に備え；

前記圧電層は前記保護層の第2の選択された部分上と前記底部電

極層の前記部分上とに形成されており；さらに

前記基板の第1の選択された部分と前記保護層の第1の選択された部分とは、
その間にエアギャップを画定していることを特徴とする、項24に記載の薄膜バ
ルク音波共振器（FBAR）。

26. 前記エアギャップは、ポリマー及び金属のうち的一方を含む犠牲層を除
去することにより形成されることを特徴とする、項25に記載の薄膜バルク音波
共振器（FBAR）。

【発明の詳細な説明】

ガラス基板上に薄膜バルク音波共振器 (FBAR) を作る方法

発明の分野

本発明は共振器に関し、特に、薄膜バルク音波共振器 (Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonators (FBAR)) を製造する方法に関する。

発明の背景

珪素 (Si) 又はガリウム砒素 (GaAs) から成るものを含む半導体ウエファ上に薄膜バルク音波共振器 (FBAR) を作ることが知られている。例えば、“音響バルク波合成共振器”と題された論文 (“Acoustic Bulk Wave Composite Resonators”, Applied Physics Lett., Vol. 38, No. 3, pp. 125-127, Feb. 1, 1981, by K. M. Lakin and J. S. Wang) において、音響バルク波共振器が開示されており、これは、珪素 (Si) の薄い膜の上にスパッタリングされた酸化亜鉛 (ZnO) の薄膜圧電性層を有する。

あいにく、半導体材料は高い電気伝導度と高い誘電率特性とを有する。これらの特性は、“高抵抗基板上の温度補償された高カップリング、高Qファクター ZnO/SiO₂ バルク波共振器”と題された論文 (“Temperature Compensated High Coupling and High Quality Factor ZnO/SiO₂ Bulk Wave Resonators on High Resistance Substrates”, IEEE Ultrasonic Symp., 1984, pp. 405-410, by T. Shiosaki, T. Fukuichi, M. Tokuda, and A. Kawabata) に記載されているように、圧電カップリング効率と共振器のQファクターとに有害な影響を及ぼすことがある。

“珪素基板上の共面導波管とマイクロ波インダクタ”と題された論文 (“Coplanar Waveguides and Microwave Inductors on Silicon Substrates”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 43, no. 9, pp. 2016-2021, 1995, by Adolfo C. Reyes, Samir M. El-Ghazaly, Steve J. Dorn, Michael Dydyk, Dieter K. Schroder, and Howard Patterson) が明示しているように、半絶縁性の半導体ウエファを使うことによって半導体ウエファが示す抵抗損を減少させうる事が知られている。しかし、これらの種類のウエファを使うには高価な特別品等の材料

を使う必要がある上に、それを使っても漂遊容量の存在は無くならない。

更に、半導体ウエファ及び結晶ウエファは、その表面を滑らかにするために、結晶から切断された後に慎重に研磨されなければならない。研磨プロセスは高価となることがある。

低コストの材料で形成されていて、低誘電率特性及び低寄生容量を示す基板を供給することは、効果的である。表面を滑らかにするために研磨する必要のない材料で形成された基板を供給するのも効果的である。

“エアギャップ型圧電合成薄膜共振器”と題された論文(“An Air-Gap Type Piezoelectric Composite Thin Film Resonator”, IEEE Proc. 39th Annual Symp. Freq. Control, pp. 361-366, 1985, by Hiroaki Satoh, Yasuo Ebata, Hitoshi Suzuki, and Choji Narahara)が明示しているように、酸化亜鉛(ZnO)から成る犠牲層を使ってFBAR基板面上にいわゆる“ブリッジ”構造を作ることが知られている。同様に、“エアギャップ構造を採用する多層超音波トランスデューサ”と題された論文(“Multi-layered Ultrasonic Transducers Employing Air-Gap Structure”, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Control, vol. 42, no. 3, May 1995, by

Susumu Yoshimoto, Masamichi Sakamoto, Ken-ya Hashimoto, and Masatsune Yamaguchi)では、“犠牲” ZnO 層の除去により形成されるエアギャップを含む多層超音波トランスデューサが開示されている。

この様なタイプのFBARの製造に当たって、 ZnO の犠牲層が基板上に被着される(例えば、スパッタリングにより)。犠牲層は、後に、FBARの全ての層が完全に形成された後に実行されるエッチング・ステップを介して除去される。このプロセスの1つの欠点は、犠牲層をスパッタリングして形成するステップが非常に退屈で時間を無駄に消費する恐れがあることである。その理由は、 ZnO がセラミック材料であって、従って、砕けやすく、また熱伝導率が小さいからである。例えば、 ZnO のスパッタリング中に非常に大きなパワーを使用すると、“ターゲット”基板が壊れるかも知れない。また、正しい結晶方位及び結晶サイズ分布を作るために ZnO の成長速度を制御しなければならない。従って、成長速度を

僅か $2\mu\text{m}/\text{h}$ に制限しなければならない場合もある。

ZnOから成る犠牲層を使うことの別の欠点は、結晶性ZnO膜の表面に組織ができ、従ってFBARの中で音響エネルギー散乱損が生じることである。また、組織が形成されたZnO表面は、犠牲ZnO層の上に形成される層（例えば、ブリッジ層）の表面を変形させる恐れもある。ZnOの犠牲層を採用することの別の欠点は、エアギャップを形成する層のエッチング中に、該犠牲層上に形成された圧電性ZnO層が壊れる可能性があることである。

これらの問題を考慮すると、犠牲層を形成するために通常使われているZnO及びその他の材料の特性より、更に有用な特性を有する材料で形成される犠牲層を使ってFBARを製造する方法を提供することは効果的であることが理解される。

発明の目的

本発明の第1の目的は、犠牲層を形成するために使われている在来材料より効果的な特性を有する材料を含む犠牲層を有する薄膜バルク音波共振器（FBAR）を提供することである。

本発明の第2の目的は、薄膜バルク音波共振器（FBAR）を製造するための改良された方法を提供することである。

本発明の第3の目的は、基板を形成するのに使われる在来材料より効果的な特性を持った材料を含む基板を有する薄膜バルク音波共振器（FBAR）を提供することである。

本発明の他の目的及び利点は、図面と、以降の説明とを考察すれば明らかとなる。

発明の概要

薄膜バルク音波共振器（FBAR）を製造する方法によって上記の及びその他の問題が解決され、本発明の目的が実現される。本発明の方法は、例えば酸化亜鉛（ZnO）等の一般に使用されている材料の代わりに金属又はポリマー材料を含む犠牲層を使う。これらの材料を使って犠牲層を作ることには、ZnOを使ってこれらの層を形成することに比べて多くの利点がある。

本発明の方法では、第1ステップは例えば銅(Cu)等の金属を基板上にスパッタリングすることを含む。スパッタリングされたCuは、犠牲層を形成するためにパターン化される。

次のステップは、この犠牲層と基板の選択された部分の上に二酸化珪素(SiO_2)を被着して第1 SiO_2 層(“第1保護層”とも称する)を形成することを含む。この層は、圧電層が犠牲層のエッチングによる有害な影響を受けない材料から成っている場合には(このことについては、後述する)、不要である。その後、例えば金(Au

)等の金属材料が第1 SiO_2 層の選択された部分の上に被着される。被着された金は、パターン化され、下部電極層を形成する。

次のステップは、この下部電極層の選択された部分と、第1 SiO_2 層の選択された部分の上に酸化亜鉛(ZnO)を被着することを含む。この ZnO はパターン化されて ZnO 層(“圧電層とも称する”)を形成する。

このプロセスにおける次のステップは、この ZnO 層の選択された部分の上に例えば金等の金属材料を被着することを含む。その後、被着された金はパターン化されて上部電極層を形成する。適当な場合には、ビアホール形成及び/又は犠牲層のエッチングの際に圧電層を保護する第2保護層を該構造上に形成しても良い(このことについては後述する)。

その後、犠牲層を除去できるように該構造にビアホールが形成される。その後、エアギャップを形成するために該ビアホールを通して犠牲層を除去する。

本発明の製造プロセスを、金属の代わりにポリマーを含む犠牲層を使って実行することもできる。このプロセスのステップは、犠牲層(例えば、ポリマー)を被着し、パターン化し、除去するステップが異なる方法で実行されることを除いて、上記のステップと同様である。例えば、ポリマーを被着するステップはポリマーを基板上にスピニングすることによって実行される。このポリマーは次にパターン化されて犠牲層を形成する。FBARの他の各層及びビアホールが上記と同様にして形成された後、犠牲層はエアギャップを形成するために除去される。

犠牲層を形成するために使われるポリマーの種類は、ZnO層のスパッタリング時に達する可能性のある高温に耐えることのできるものであることが好ましい。

本発明の他の観点によれば、ZnO層を形成する材料の被着の前に犠牲層を除去することによってFBARを作る方法を実行しても良い。この方法では、第1SiO₂層と下部電極層とが形成された後に、上記と同様にエアギャップを形成するために犠牲層が除去されることを除いて、上記と同じステップが実行される。その後、ZnO層と上部電極層とを形成するステップが上記と同様に実行される。

犠牲層を形成するための金属及びポリマーの使用には、例えばZnOを含む、普通に使われている殆どの材料の使用と比べて多くの利点がある。例えば、金属又はポリマーを含む犠牲層を有するFBARは、ZnOを含む犠牲層を有するFBARより迅速に製造され得る。また、金属及びポリマーは、一般に、ZnOより滑らかな表面を有する。更に、例えばZnOを含む圧電層に対して害の無い薬品を使って金属及びポリマーをエッチングすることができる。

本発明の別の観点によれば、ガラス基板を包含するFBARが提供される。このFBARは、前述したFBARと似た層から成っていて、本発明の方法に従って製造することができる。基板を形成するためにガラスを使うことは、基板を形成するために他の材料を使うことと比べると、幾つかの利点を与える。ガラスは、安価であり、従って、大きな表面積を有する基板を安価に形成するために使うことができる。また、殆どのガラス材料は低誘電率特性及び低寄生容量を示す。更に、殆どのガラス材料は、マイクロ波周波数アプリケーションに使われたときには実質的にロスが無くなる。

基板を形成するためにガラスを使うことの別の利点は、半導体材料とは異なっていてガラスは元々滑らかな表面を持つことができるので、研磨が殆ど或いは全く必要ないことである。

図面の簡単な説明

本発明の、上記の、及びその他の特徴は、添付図面を参照して、以下の本発明についての詳細な説明を読むことによって更に明らかとなる。

図面において、図1 aは、ガラス基板を有する典型的FBARの横断面を示す。

図1 bは、種々の材料についての誘電率を示す表である。

図2 aは、ビアホールを有する典型的FBARの一部分の上面図である。

図2 bは、典型的FBARの一部分の横断面を示す。

図3 aは薄膜バルク音波共振器（FBAR）の一部分の横断面を示しており、これは、FBARのその部分が銅（Cu）を含む犠牲層を有する場合について、本発明の製造プロセスのステップで形成されている。

図3 bは、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図3 aのFBARの横断面を示す。

図4は、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図3 bのFBARの横断面を示す。

図5は、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図4のFBAR共振器の横断面を示す。

図6 aは薄膜バルク音波共振器（FBAR）の一部分の横断面を示しており、これは、FBARのその部分がポリマー材料を含む犠牲層を有する場合について、本発明の製造プロセスのステップで形成されている。

図6 bは、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図6 aのFBARの横断面を示す。

図7は、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図6 bのFBARの横断面を示す。

図8は、製造プロセスのステップが本発明に従って更に実行された後の図7 aのFBARの横断面を示す。

図9 aは、本発明の他の実施形態の製造プロセスのステップに従って形成される薄膜バルク音波共振器（FBAR）の一部分の横断面を示す。

図9 bは、本発明の前記他の実施形態の製造プロセスのステップが更に実行された後の図9 aのFBARの横断面を示す。

図10は、本発明の前記他の実施形態の製造プロセスのステップが更に実行さ

れた後の図9bのFBARの横断面を示す。

図11は、本発明の前記他の実施形態の製造プロセスのステップが更に実行された後の図10のFBAR共振器の横断面を示す。

発明の詳細な説明

本発明者は、エアギャップを有する薄膜バルク音波共振器（FBAR）を製造するための改良された方法を発明した。例えば酸化亜鉛（ZnO）を含む犠牲層を採用しているFBARを製造する在来の殆どの方法とは異なって、本発明の方法は、金属又はポリマー材料を含む犠牲層を採用する。これらの材料を使って犠牲層を形成することには、後述するように、ZnOを使ってこれらの層を形成することと比べて、多くの利点がある。

図3a-5を考慮して、本発明のFBARを製造する方法を理解することができる。この製造プロセスの第1ステップとして、例えば銅（Cu）等の金属がスパッタリングなどにより基板42上に被着される。本発明の特徴に従って基板はガラスから成っていると仮定されているが、他の任意の適当な固体材料を使っても良い。スパッタリングされたCuは、次に、例えば約2000nmの厚みを有するようにパターン化されてブリッジを形成する。

その後、Cuは先細のエッジ44a及び44bを形成するためにウェットエッチングされる。この様にして、犠牲層（“ベース層”とも称する）44が形成される。

銅の替わりに他の金属を使って犠牲層44を形成することもできることに留意すべきである。例えば、アルミニウム、亜鉛、アンチモン、並びに、周期表においてチタンから銅まで、イットリウムから銀まで、及びランタンから金までにわたって存在するいずれかの元素で犠牲層44を形成しても良い。理想的には、層44を形成するために使われる金属は、低コストで、容易にエッチングできるものである。

図3bを参照する。次のステップは、犠牲層44と、基板42の選択された部分の上に二酸化珪素（SiO₂）を被着して、例えば約300nmの厚みを有する第1SiO₂層（“第1保護層”とも称する）48を形成することを含む。その後、

例えば金 (Au) などの金属材料が第1 SiO₂層48の選択された部分の上に被着される。被着された金は、その後、例えば約300nmの厚みを有する下部電極層50を形成するためにパターン化される。他の適当な電気伝導性の金属材料及び非金属材料を使うこともできる。

圧電層（後述する）を形成するために使われる材料が犠牲層のエッチング（犠牲層のエッチングについては後述する）から悪影響を受けない場合には、第1保護層48を使う必要はなく、犠牲層44と基板42の選択された部分との上に下部電極層を直接形成しても良いことに留意するべきである。

図4を参照する。次のステップは、下部電極層50の選択された部分と、第1 SiO₂層48の選択された部分との上に酸化亜鉛 (ZnO) を被着することを含む。そのZnOを、例えば、アルゴン (Ar) 及び酸素O₂の混合体中でのターゲットからのスパッタリングによって

被着することができる。ZnOが被着された後、これをパターン化して、FBARの所望の共振周波数の関数である選択された厚み（例えば、約2000nm）を有するZnO層（“圧電層”とも称する）52を形成する。

本プロセスの次のステップは、ZnO層52の選択された部分の上に例えば金などの金属材料を更に被着することを含む。その後、図5に示す様に、被着された金はパターン化されて上部電極層54を形成する。第1電極層50の場合と同じく、他の適当な電気伝導性の金属材料及び非金属材料を使うこともできる。

その後、犠牲層44を除去できるように該構造にビアホールが形成される。任意の適当な方法でビアホールを形成することができる。例えば、図2aを参照すると、第1 SiO₂層48の選択された部分を除去することにより、犠牲層44（先細のエッジ44a及び44bが示されている）にアクセスするための穴47及び49を設けることができる。ビアホールを作るとき及び／又は犠牲層を除去するときに圧電層52を保護するのが適切である場合には、SiO₂の第2の層（これを“第2保護層”とも称する）（図2aには示されていない）を使うことができる。例えば、圧電層52が形成された後、上部電極層54が形成される前に、圧電層52の選択された部分の上にSiO₂を被着しパターン化することができる。この

SiO₂はZnO層52の上部に接点領域を形成するためにパターン化される。その後、その接点領域内に上部電極層54が形成される。それが適切である他の場合には、圧電層52上に上部電極層54が形成された後に第2保護層を形成することができる。

図2bに示されている構造例においてビアホールを形成することもできる。この例では、酸エッチング液を使ってZnO層52に穴を形成することができる。その後、例えば、プラズマ強化化学蒸着（

a plasma-enhanced chemical vapor deposition(CVD))を介してSiO₂の第2保護層51を被着することによって、FBARの選択された部分と周囲のウエファとを覆うことができる。その後、このSiO₂は、フッ素プラズマ（Fプラズマ）中でパターン化されて、ZnO層52の上部上で接点領域を形成する。その後、この接点領域と、SiO₂の第2層51の部分との上に上部電極層54が形成される。その後、ビアホール（ビアホール49'が図2bに示されている）を形成するために、第2SiO₂層51の選択された部分と第1SiO₂層48の選択された部分とがパターン化される。この例については、図2aに関して前述したように、上部電極層54を形成する前に第2保護層51を被着してパターン化する代わりに、上部電極層54を形成した後に第2保護層51を被着してパターン化することができる。

この製造プロセスの次のステップは、ウェットエッチングによりビアホールを通して犠牲層を除去してエアギャップ62を形成することを含む。例えば、酸、アルカリ、又は酸化還元反応（例えば塩化第2鉄）を使ってエッチングを実行することができる。選択的又は非選択的エッチングを利用することができる。

その後、装置が正しく調整されているか否か確かめるために、装置の電気的性能特性を適宜測定し、装置のモデルと比較することができる。“マイクロ波回路網法による積み重ねクリスタルフィルターの組織的設計”と題された論文（“Systematic Design of Stacked-Crystal Filters by Microwave Network Methods”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-22, pp. 14-25, Jan. 1974, by Arthur Ballato, Henry L. Bertoni, and Theodor Tamir）で開示されてい

るものを含む、装置をモデリングするための任意の適当な技術を用いることができる。

図6a-8は、金属の代わりにポリマーから成る犠牲層を使う本発明の製造プロセスのステップを示している。このプロセスのステップは、犠牲層（例えば、ポリマー）を被着し、パターン化し、除去するステップが異なる方法で実行されることを除いて、前述したのと同様である。例えば、図6aを参照すると、ポリマーを被着するステップは、ポリマーを基板42上にスピニングし、その後の処理のために本質的に滑らかな表面を設けることによって、実行されるのが好ましい。その後、このポリマーは、例えば約1000nmの厚みを持つこととなるようにパターン化されてブリッジを形成する。上記と同様に、先細のエッジ44a及び44bを形成するためにポリマーもエッチングされる。この様にして、犠牲層60が形成される。上記と同様にFBARの他の層とビアホールとが形成された後（図6b及び7）、例えばエッチング又はプラズマ・アッシングによって犠牲層60が除去される。この様にして、エアギャップ62が形成され、これが図8に示されている。

犠牲層60を形成するために有機ポリマーが使われる場合には、犠牲層60を例えば酸素を含むプラズマ中でエッチングすることができる。シリコン・ポリマーが使われる場合には、例えば、フッ素を加えることが必要になることがある。

また、或る種のポリマーは有機溶剤（例えば、アセトン）で溶かすことができる。例えば珪素の異方性エッチングのために使われる腐食性化学物質とは異なって、有機溶剤はZnOを浸食しない。従って、有機溶剤によって分解され得るポリマーが好ましい。また、この種のブリッジ構造は、珪素の深異方性エッチングの実行に伴う欠点を防止するものであり、珪素の深異方性エッチングは、結晶のエッチング停止面がウエファ表面に関して例えば角度54.74度をなすに過ぎないので、エッチングの表面積が大きくなる。

犠牲層60を形成するために使われるポリマーの種類は、ZnO層52のスパッ

タリング時に達する可能性のある高温に耐え得るものであるのが好ましい。そのポリマーは、例えば、ポリテトラフルオロエチレン又はその誘導体、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン (polyetheretherketone)、ポリ (パラフェニレンベンゾビスミダゾール)、ポリ (パラフェニレンベンゾビスオキサゾール)、ポリ (パラフェニレンベンゾビスミダゾール)、ポリ (パラフェニレンベンゾビスチアゾール)、ポリイミド、ポリイミドシロキサン、ビニルエーテル、ポリフェニル、パリレン-n、パリレン-f、ベンゾシクロブテンである。

本発明の他の観点に従って、ZnO層52を形成する材料を被着する前に犠牲層を除去するように、FBARを製造する方法を実行することができる。図9a-11を考察すればこのことを理解することができ、そこでは、本発明のこの方法に従って形成される代表的FBARのいろいろな部分が示されている。このFBARは、例えば銅 (Cu) から成る犠牲層44を含んでいる。この方法では、第1 SiO₂層48、下部電極層50、及びビアホールが形成された後に上記と同様にエアギャップ62を形成するために犠牲層44が除去されることを除いて、上記の場合と同じステップが実行される。その後、ZnO層52と頂部電極層54とを形成するステップが上記と同様に実行される。

犠牲層を形成するために金属材料或いはポリマー材料を使用すれば、例えばZnOから成る犠牲層を使用する製造プロセスよりも迅速に製造プロセスを実行することが可能となる。その理由は、ZnOは碎けやすいセラミック材料であり、従って、ZnOを被着するためには、ZnOのように碎けやすくはない金属或いはポリマーの場合よりも更に長い時間がかかるということにある。

ポリマー又は金属を使って犠牲層を形成すれば、最も普通に使われている材料 (例えば酸化亜鉛) を使ってその様な層を形成することに付随する問題を回避することもできる。例えば、或る種の材料とは異なって、金属は小さな粒径を有するので、当然に表面が滑らかである。また、ポリマーは、FBAR構造の製造中にスピニングすることができるものであり、ベーキング時において、該ポリマーが液状でリフローしている間に滑らかな表面が形成される。その結果として、

ポリマー犠牲層の上に形成された層は、最も普通に使われる材料（例えば、ZnO）上に被着された層において生じる様な重大な表面変形を経験することはない。

例えばZnOの代わりに金属又はポリマーを使って犠牲層を形成することのもう一つの利点は、ZnO層52に対して損傷を与えない化学物質を使って、金属及びポリマーをエッチングすることができるということである。

本発明の別の特徴に従って、図1aに示されているように、ガラス基板42を包含するFBARが与えられる。このFBARは、上記のFBARと同様の層から成っていて、本発明の方法に従って製造され得るものである。

ガラスを使って基板を形成することは、半導体材料を使って基板を形成することと比べて幾つかの利点を与える。1つの利点は、ガラスが安価だということである。従って、ガラスを使って、大きな表面積を有するチップを低コストで形成することができ、従ってボンディングのためにより大きな表面積を設けることができる。例えばトランジスタや集積回路（IC）等の能動素子を例えばフリップチップ技術によってチップに付加することができる。

例えば珪酸塩ガラスなどを含む殆どのガラス材料は低誘電率特性を持っているので、寄生容量が少ない。普通は導電率が高く且つ誘

電率特性が高い半導体材料とは異なって、ガラス基板は、例えば圧電結合効率が低かったり共振器のQファクターが低いなどの有害な特性を示さない。図1bは、種々の材料の誘電率を示している。

更に、例えばソーダ石灰ガラスなどを除いて、殆どのガラス材料は、マイクロ波周波数アプリケーションに用いられたときに実質的にロスを生じさせない。

ガラスを使って基板を形成することの別の利点は、半導体材料とは異なって、殆どのガラスが本来滑らかな表面を有するということである。従って、半導体材料から成る基板の表面を滑らかにするために必要な研磨は、ガラス基板の表面を滑らかにするためには殆ど或いは全く必要でない。

更に、殆どの種類のガラス材料の熱膨張特性は、例えば珪素などの熱膨張特性よりはFBAR層を形成する他の材料のそれに似ている。この様な事情があるので、ボンディングアプリケーションでは、部品をガラス中に封入することができ

る。

ガラス基板をマイクロ機械加工するために利用できる技術の種類は、結晶半導体材料から成る基板をマイクロ機械加工するのに利用できるものほど多様ではないことに注意すべきである。

本発明を、その好ましい実施態様に関して具体的に図示し説明したけれども、本発明の範囲から逸脱することなく、その形状及び細部を変更し得ることを当業者は理解するであろう。

【図1a】

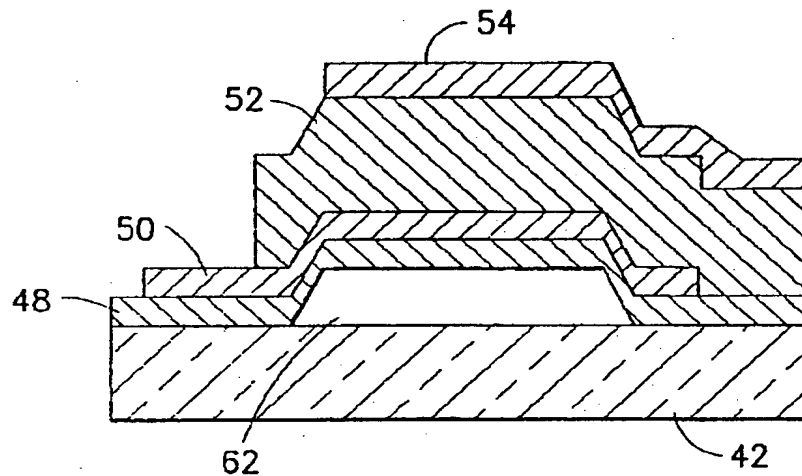


FIG. 1a

【図1】

材料	比誘電率
硼珪酸ガラス	4.0
石英ガラス	3.78
アルミニウム珪酸ガラス	6.3
鉛アルカリ・ガラス	9.5
アルミナ	8.8
珪素	11.8
ガリウム砒素	10.9
ゲルマニウム	16

FIG. 1b

【図2】

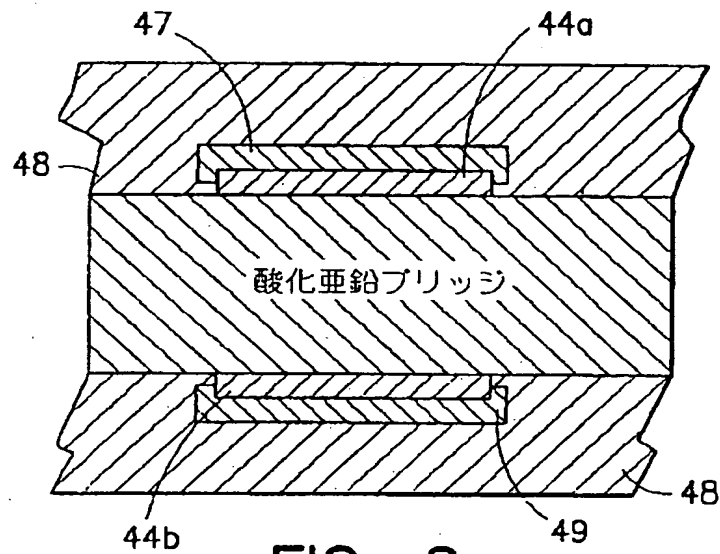


FIG. 2a

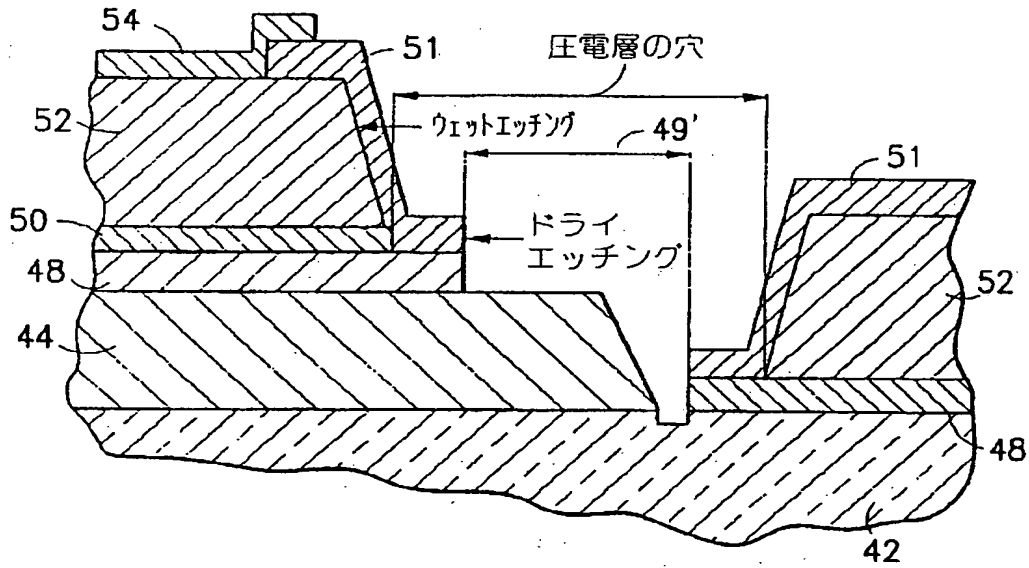


FIG. 2b

【図3】

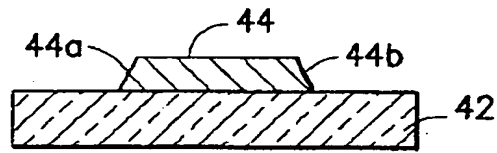


FIG. 3a

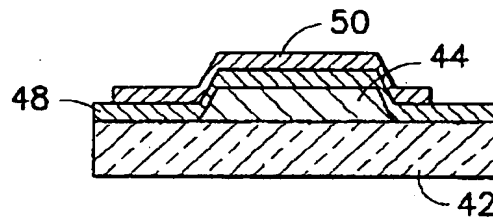


FIG. 3b

【図4】

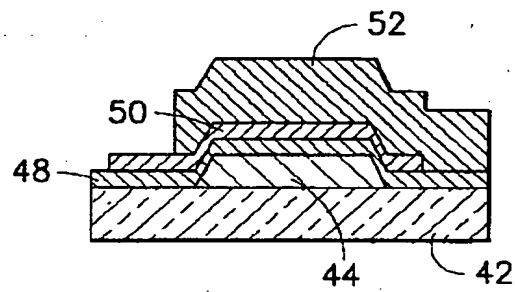


FIG. 4

【図5】

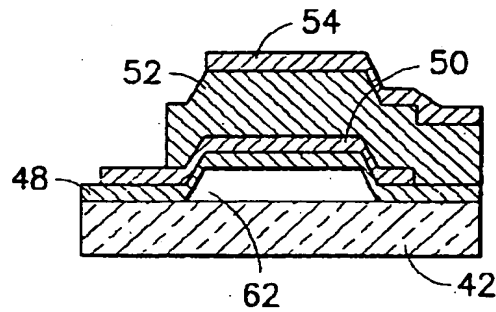


FIG. 5

【図6】

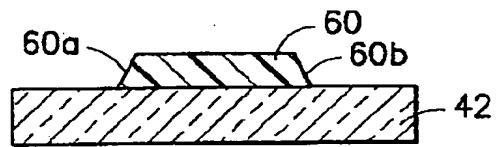


FIG. 6a

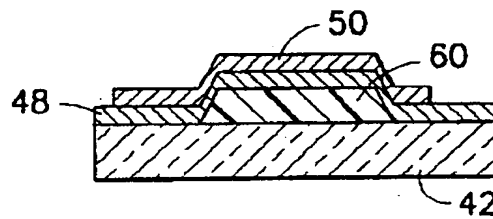


FIG. 6b

【図7】

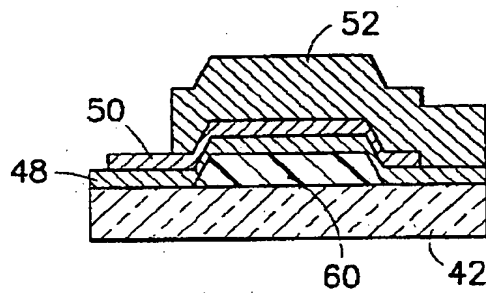


FIG. 7

【図8】

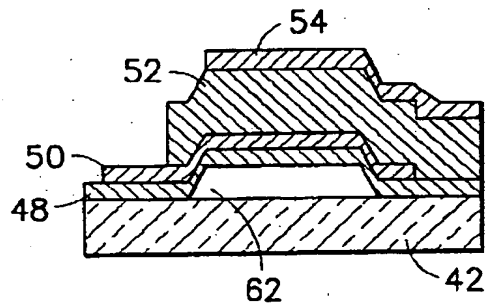


FIG. 8

【図9】

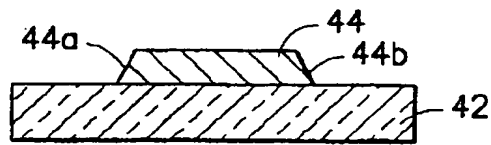


FIG. 9a

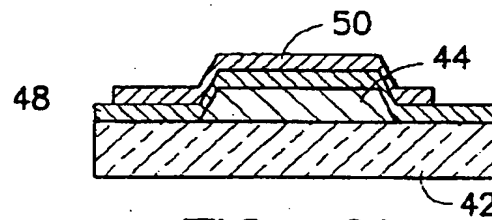


FIG. 9b

【図10】

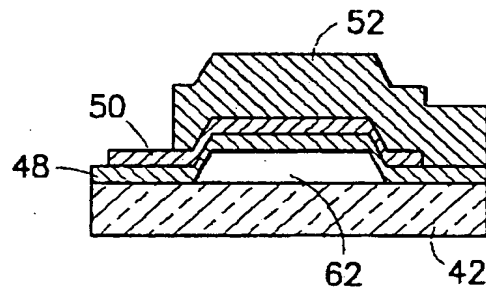


FIG. 10

【図11】

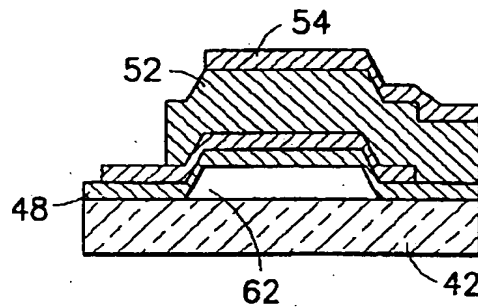


FIG. 11

【手続補正書】

【提出日】 平成11年4月22日 (1999. 4. 22)

【補正内容】**請求の範囲**

1. 薄膜バルク音波共振器 (F B A R) を製造するための方法であって、
ステップA : 有機溶剤に溶けるポリマーを含む犠牲層を基板の第1の選択された部分上に形成し ;

ステップB : 前記犠牲層と前記基板の第2の選択された部分との上に下側電極層を形成し ;

ステップC : 前記下側電極層の選択された部分上に圧電層を形成し ;

ステップD : 前記圧電層の選択された部分上に上側電極層を形成し ;

ステップE : 有機溶剤を用いることによって前記犠牲層を除去して前記下側電極層の一部分と前記基板の第2の選択された部分との間にエアギャップを形成する、

各ステップを備えることを特徴とする方法。

2. 前記ステップAは :

ステップ1 : 前記ポリマーを前記基板上に被着し ; さらに

ステップ2 : 前記被着されたポリマーをパターン化して前記犠牲層を形成する

各ステップによって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

3. 前記ステップEは、前記圧電層に対して有害でない化学物質を使って前記犠牲層をエッチングすることにより実行されることを特徴とする、項2に記載の方法。

4. 前記ポリマーは有機ポリマーを含むことを特徴とする、項1に記載の方法

。

5. 前記上側電極層及び前記下側電極層のうちの少なくとも一方は金を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

6. 前記ポリマーはシリコーン・ポリマーを含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

7. 前記ステップAは：

ステップ1：前記ポリマーを前記基板にスピニングし；さらに

ステップ2：前記ポリマーをパターン化して前記犠牲層を形成する、

各ステップによって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

8. 前記犠牲層は約1000nmの厚みを有することを特徴とする、項1に記載の方法。

9. 前記ステップDの実行とステップEの実行との間に：

前記ステップB-Dにおいて形成された層のうちの少なくとも1個を貫通する少なくとも1個のビアホールを形成することにより、この少なくとも1個のビアホールを通して前記犠牲層を除去できるようにするステップが実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

10. 前記基板は低誘電率特性を有することを特徴とする、項1に記載の方法。

11. 前記下側電極層は、約300nmの厚みを有する電気伝導性の金属を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

12. 前記圧電層は、約2000nmの厚みを有する酸化亜鉛（ZnO）を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

13. 前記上側電極層は、約300nmの厚みを有する電気伝導性の金属を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

14. 前記ポリマーは、有機溶剤を使って分解することができることを特徴とする、項1に記載の方法。

15. 前記ステップEは、前記犠牲層をエッチングするステップと、前記犠牲層をプラズマ・アッシングするステップとのうち的一方によって実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

16. 前記ポリマーは、高温で実行される前記ステップCに悪影響を受けずに耐え得ることを特徴とする、項1に記載の方法。

17. 前記ポリマーは、ポリテトラフルオロエチレン、ポリテトラフルオロエチレンの誘導体、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン（po

lyetheretherketone)、ポリ(パラフェニレン・ベンゾビスミダゾール)、ポリ(パラフェニレンベンゾビスオキサゾール)、ポリ(パラフェニレンベンゾビスチアゾール)、ポリイミド、ポリイミドシロキサン、ビニルエーテル、ポリフェニル、パリレンーn、パリレンーf、ベンゾシクロブテンのうちの少なくとも1

個を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

18. 前記ステップEは、前記ステップBの実行と前記ステップCの実行との間に実行されることを特徴とする、項1に記載の方法。

19. 前記圧電層は、FBARに所望の共振周波数を生じさせるために選択された厚みを有する酸化亜鉛(ZnO)を含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

20. 前記基板はガラスを含むことを特徴とする、項1に記載の方法。

21. 薄膜バルク音波共振器(FBAR)の前駆体を製造する方法であって、
ステップA: 有機溶剤に溶けるポリマーを含む犠牲層を基板の表面の第1部分上に形成し;

ステップB: 前記表面の第2部分と前記犠牲層との上に下側電極層を形成し;

ステップC: 有機溶剤を用いることによって前記犠牲層を除去して前記基板表面の前記第1部分と前記下側電極層の一部分との間にエアギャップを形成する、各ステップを有することを特徴とする方法。

22. 更に、

ステップD: 前記下側電極層の選択された部分上に圧電層を形成し;

ステップE: 前記圧電層の選択された部分上に上側電極層を形成する、各ステップを備えることを特徴とする、項21に記載の方法。

23. 前記ステップCの実行前に、前記犠牲層を露出させるために前記下側電極層の前記部分を貫通する少なくとも1個の穴を形成するステップが実行され、前記ステップCは、前記の少なくとも1個の穴を通して前記犠牲層を除去することによって実行されることを特徴とする、項21に記載の方法。

24. 基板と;

圧電層と;

前記基板及び前記圧電層の間に配置された第1の、下側電極層と；

前記圧電層上に配置された第2の、上側電極層と；

前記基板及び前記の第1の下側電極層の間に形成されたエアギャップとを有し、前記エアギャップは、第1に、前記基板上に被着された、有機溶剤に溶けるポリマー材料を含む犠牲層を包含しており、前記犠牲層は、後に、有機溶剤を用い

ることにより分解されてエアギャップを形成することを特徴とする、薄膜バルク音波共振器（FBAR）。

25. 更に、前記の第1の下側電極層と前記犠牲層との間に配置された保護層を備えることを特徴とする、項24に記載の薄膜バルク音波共振器（FBAR）。

26. 前記ポリマーは、ポリテトラフルオロエチレン、ポリテトラフルオロエチレンの誘導体、ポリフェニレンスルフィド、ポリエーテルエーテルケトン（polyetheretherketone）、ポリ（パラフェニレンベンゾビスミダゾール）、ポリ（パラフェニレンベンゾビスオキサゾール）、ポリ（パラフェニレンベンゾビスチアゾール）、ポリイミド、ポリイミドシロキサン、ビニルエーテル、ポリフェニル、パリレンー n 、パリレンー f 、及びベンゾシクロブテンのうちの少なくとも1個を含むことを特徴とする、項24に記載の薄膜バルク音波共振器（FBAR）。

27. 表面を有する基板と；

前記表面の第1の部分上に形成される、有機溶剤に溶けるポリマーの層と；

前記表面の第2の部分の上に形成される第1の部分をも有する第1電極層とを有し、前記第1電極層は前記ポリマー層の上に形成される第2の部分をも有し、前記ポリマー層を露出させるために前記第1電極層の前記第2部分を貫通する穴が少なくとも1個あり、前記の少なくとも1個の穴は、有機溶剤を用いて前記ポリマー層を分解することにより前記第1電極層の前記第2部分と前記基板表面の前記第1部分との間にエアギャップを形成することを可能にすることを特徴とする、薄膜バルク音波共振器（FBAR）の前駆体。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/16231

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER				
IPC(6) :H01L 41/08 US CL :310/312 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 310/311, 312, 324, 366				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
P	US 5,596,239 A (DYDYK) 21 January 1997 (21.01.97). See entire document.	1-26		
X	US, 5,162,691 A (MARIANI) 10 November 1992 (10.11.92). See entire document.	1-26		
X	US, 4,642,508 A (SUZUKI ET AL) 10 February 1987 (10.02.87). See entire document.	1-26		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" documents which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" documents referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" documents which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" documents referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" documents which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" documents referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 17 NOVEMBER 1997		Date of mailing of the international search report 03 DEC 1997		
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer MARK BUDD Telephone No. (703) 308-6929		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US97/16231

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1-23 A method of fabricating a Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator (FBAR)

24-26 A Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, UZ, VN, YU, ZW

【要約の続き】

実質的にロスを生じない。